

Mạng không dây mật độ cao: Một trường hợp nghiên cứu tại môi trường ký túc xá trường đại học

■ **THS. PHẠM NGỌC DUY; NGUYỄN PHƯƠNG ĐÔNG**

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: Bài báo trình bày tổng quan về mạng không dây trong môi trường mật độ cao và phương pháp thiết kế hệ thống mạng không dây mật độ cao. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng và triển khai một hệ thống mạng không dây thực tế cho khu vực ký túc xá (KTX) trường đại học (một trường hợp điển hình của môi trường mật độ cao), tiến hành đánh giá hiệu năng của hệ thống WLAN, từ đó làm rõ hiệu quả của quá trình thiết kế mạng không dây nhằm đáp ứng yêu cầu của loại môi trường này.

TỪ KHÓA: Mạng không dây, mật độ cao, điểm truy cập, đại học, ký túc xá.

ABSTRACT: This paper presents an overview of wireless networks in high-density environments and design methods for high-density wireless networks. The researchers built and deployed a wireless network system for the university dormitory area (a typical case of a high-density environment), evaluated the performance of this WLAN system, thereby clarifying the effectiveness of wireless network design process to meet the requirements of this type of environment.

KEYWORDS: Wireless network, high-density, access point, university, dormitory.

1. MẠNG KHÔNG DÂY MẬT ĐỘ CAO

Mạng không dây mật độ cao (High-density wireless network) là một chiến lược thiết kế cho các kịch bản triển khai mạng không dây quy mô lớn nhằm cung cấp khả năng một số lượng lớn máy khách (client) kết nối với điểm truy cập (Access Point, viết tắt là AP) trên một đơn vị không gian nhỏ. Một vị trí có thể được phân loại là mật độ cao nếu có hơn 30 máy khách đang kết nối với một AP. Để hỗ trợ tốt hơn cho mạng không dây mật độ cao, các điểm truy cập AP cần được xây dựng với phương pháp và nền tảng chuyên dụng để xử lý các môi trường mật độ cao [1].

Khuôn viên rộng lớn, các tòa nhà nhiều tầng, phân tán, các không gian văn phòng hay không gian tổ chức sự kiện lớn được coi là có mật độ cao do số lượng điểm truy cập và thiết bị kết nối lớn. Các ví dụ "khắc nghiệt" hơn về môi trường mật độ cao bao gồm: sân vận động thể thao, giảng

đường (khán phòng) đại học, trung tâm tổ chức sự kiện hay nhà hát... Một cách đơn giản, một mạng mật độ cao có thể được tóm tắt là một mạng được thiết kế cho nhiều hoặc nhiều máy khách WLAN có thể kết nối và hoạt động.

Khi mạng wifi trở nên phổ biến, ngày càng có nhiều thiết bị tiêu tốn băng thông mạng. Nhu cầu ngày càng tăng về kết nối mạng có thể tạo thêm áp lực lớn cho việc triển khai không dây. Việc thích ứng với những nhu cầu thay đổi này không phải lúc nào cũng yêu cầu nhiều điểm truy cập hơn để hỗ trợ mật độ khách hàng lớn hơn. Khi nhu cầu kết nối không dây thay đổi theo thời gian, các tiêu chuẩn mạng LAN không dây IEEE 802.11 đã thay đổi để thích ứng với mật độ cao hơn, từ các tiêu chuẩn 802.11a và 802.11b sớm nhất vào năm 1999, đến tiêu chuẩn 802.11ac được giới thiệu vào năm 2013, hay tiêu chuẩn mới chuẩn 802.11ax gần đây.

2. XÂY DỰNG MẠNG KHÔNG DÂY MẬT ĐỘ CAO

Hiểu được các yêu cầu đối với thiết kế mật độ cao là bước đầu tiên, giúp đảm bảo thiết kế thành công. Việc lập kế hoạch ban đầu giúp giảm nhu cầu khảo sát địa điểm sau khi lắp đặt và nhu cầu triển khai các điểm truy cập bổ sung theo thời gian. Cần có các bước cơ bản sau quy trình thiết kế: 1) Các loại ứng dụng dự kiến được sử dụng trong mạng; 2) Các công nghệ được hỗ trợ (802.11 a/b/g/n/ac...); 3) Loại client được hỗ trợ (số luồng không gian, công nghệ...); 4) Các khu vực được phủ sóng; 5) Số lượng thiết bị đồng thời dự kiến trong mỗi khu vực; 6) Yêu cầu về thẩm mỹ (nếu có); 7) Ràng buộc về cáp, kết nối có dây (nếu có); 8) Hạn chế về nguồn cấp điện (tốt nhất nên có cơ sở hạ tầng có khả năng PoE + để hỗ trợ các AP hiệu suất cao).

Dưới đây là một số bước cần thiết để triển khai thành công mạng mật độ cao:

1) Tiến hành phân tích cùng với khách hàng, để xác định số lượng và vị trí mà người dùng WLAN được mong đợi, dịch vụ nào sẽ được sử dụng và hiệu suất cần thiết.

2) Thực hiện lập kế hoạch năng lực để đưa ra kế hoạch sơ bộ ban đầu về số lượng điểm truy cập và nơi lắp đặt chúng nhằm đáp ứng nhu cầu.

3) Lập kế hoạch kênh WLAN (channel), sao cho tổng thể có đủ số lượng điểm truy cập AP được lập kế hoạch để các kênh không bị chồng lấn. Điều rất quan trọng, đặc biệt với mạng mật độ cao là một kênh ban đầu được sử dụng lại nếu tín hiệu từ điểm truy cập lân cận sử dụng cùng một kênh vô tuyến quá yếu, nếu không, hiệu suất tổng thể của mạng sẽ giảm đáng kể do nhiễu và tín hiệu kém/ty lệ

hiều. Trong mạng 2.4 GHz, chỉ có ba kênh không trùng lặp trong triển khai mạng mật độ cao, khi sử dụng các điểm truy cập AP vô tuyến kép để cung cấp mạng WLAN 5 GHz. Mạng 5 GHz có sẵn tới 19 kênh không chồng chéo, cho phép số lượng máy khách WLAN cao hơn. Trong một mạng rất gần với nhiều điểm truy cập, một số điểm truy cập 2.4 GHz sẽ cần được tắt đi do thiếu kênh trong mạng 2.4 GHz, nhằm giảm nhiễu.

4) Lập kế hoạch khảo sát địa điểm WLAN, để đảm bảo rằng tất cả các khu vực của tòa nhà đều được cấp nguồn với tín hiệu mạnh.

5) Triển khai cài đặt WLAN: Trong quá trình cấu hình, có một số điều cần lưu ý. Trước hết, cần đảm bảo rằng các sản phẩm WLAN được sử dụng phù hợp với việc lắp đặt như vậy. Các chức năng như cân bằng tải WLAN, cân đối thời gian phát sóng, giới hạn băng thông và điều khiển băng tần nên được hỗ trợ. Trong quá trình cài đặt, cần cẩn thận để số lượng SSID càng ít càng tốt, vì mỗi SSID bổ sung tạo ra chi phí làm giảm hiệu suất tổng thể của hệ thống.

6) Kiểm tra cài đặt WLAN: Ở đây, kiểm tra đầu tiên cần được thực hiện là liệu tất cả các khu vực có cung cấp cường độ sóng tốt để đảm bảo kết nối mạng đạt yêu cầu hay không. Điều này đặc biệt quan trọng trong mạng mật độ cao với yêu cầu hoạt động kết nối mạng diễn ra liên tục, để đảm bảo rằng tất cả người dùng có thể làm việc trơn tru cùng lúc và hiệu suất cần thiết được đáp ứng với số lượng người dùng tối đa. Ngoài ra, các bộ điều khiển WLAN cung cấp các công cụ phân tích cần thiết là rất hữu ích.

3. THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI MÔ HÌNH GIẢI PHÁP MẠNG KHÔNG DÂY

3.1. Khảo sát môi trường triển khai

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thiết kế, xây dựng và triển khai một hệ thống mạng không dây cho khu vực ký túc xá của trường đại học.

Mô tả môi trường triển khai hệ thống: Ký túc xá Trường Đại học Y Dược Hải Phòng được xây dựng trên diện tích 1.775 m², bao gồm 1 tòa nhà 15 tầng (có 396 phòng) có sức chứa 2.500 chỗ ở cho sinh viên (có 3 loại phòng cho 2, 4 và 8 người tương ứng với 30, 52 và 41 m²). Tầng 1 được sử dụng làm nhà để xe cho sinh viên; tầng 2 phục vụ ăn uống với sức chứa hàng nghìn người đảm bảo việc phục vụ ăn uống và sinh hoạt cho sinh viên khu ký túc xá; tầng 3 là khu vui chơi thể thao, phòng Internet; từ tầng 4 đến tầng 15 là khu nhà ở; khu phục vụ vui chơi giải trí gồm: sân bóng đá mini (đang xây dựng), 1 sân bóng chuyên, 1 sân bóng rổ, 2 sân cầu lông... Hệ thống wifi với 4 đường truyền 1 Gbps (Viettel) bao phủ từ tầng 1 tới tầng 15 của tòa nhà.

Đây là môi trường với đặc điểm mật độ cao (số lượng người dùng lớn, tỉ lệ thiết bị trên người dùng lớn, loại ứng dụng và thiết bị được sử dụng rất đa dạng, bao gồm cả thiết bị không dây cố định và thiết bị di động, yêu cầu đáp ứng băng thông cao), với nhiều phòng, nhiều tầng và nhiều khu vực chức năng.

3.2. Phân tích các chỉ số hệ thống mạng không dây

3.2.1. Độ bao phủ

Để cung cấp các dịch vụ không dây với chất lượng ở mức độ xuất sắc (Excellent), RSSI của tín hiệu 2.4 GHz và 5

GHz phải không nhỏ hơn -65 dBm và tỷ lệ mất gói tin phải nhỏ hơn 1% trong tất cả các phòng (trừ những phòng có AP gắn trên tường). Ở các khu vực ngoài trời, RSSI của tín hiệu 2.4 GHz và 5 GHz phải không nhỏ hơn -75 dBm ở biên của vùng phủ sóng di động không dây. Ngoài ra, để duy trì sự ổn định của tín hiệu, RSSI của can nhiễu đồng kênh (co-channel) phải nhỏ hơn hoặc bằng -75 dBm.

Đối với chất lượng tín hiệu, tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N) của tín hiệu downlink mà STA nhận được phải lớn hơn 10 dB trong ít nhất 95% vùng phủ sóng mục tiêu. Đối với chỉ số tốc độ, tốc độ dịch vụ downlink tối đa cho truy cập STA đơn lẻ phải lớn hơn hoặc bằng 90% băng thông của AP chuyển tiếp cho kết nối uplink trong vùng phủ sóng mục tiêu. Đối với rò rỉ tín hiệu, RSSI của tín hiệu không dây bị rò rỉ đến vị trí cách phòng 10 m phải nhỏ hơn hoặc bằng -75 dBm.

3.2.2. Các yêu cầu đối với việc xây dựng mạng không dây

1) Máy tính bảng và điện thoại di động của sinh viên trong mỗi phòng ngủ có thể truy cập mạng không dây cùng một lúc. Trong trường hợp tổng quát, mỗi phòng ngủ có 4 học sinh và mỗi học sinh có một máy tính bảng và một điện thoại di động.

2) Mạng không dây phải đáp ứng các yêu cầu về mạng của học sinh để duyệt trang web, tải lên và tải xuống dữ liệu qua FTP hoặc Thunder, trò chơi trực tuyến, Zalo và video trực tuyến.

3) Tín hiệu không dây phải bao phủ hoàn toàn các phòng ngủ và hành lang và RSSI phải lớn hơn hoặc bằng -70 dBm.

4) Băng thông cho một STA phải lớn hơn hoặc bằng 8 Mbps và băng thông tối đa cho một STA duy nhất là 30 Mbps.

5) Các AP cần được lắp đặt trên trần nhà.

3.2.3. Năng lực mạng

Lưu lượng tối đa của các ứng dụng quan trọng cho biết lưu lượng ứng dụng cần thiết cho một STA mới khi hiện đang có nhiều STA. Có hai chỉ số liên quan đến tổng lưu lượng truy cập: 1) Lưu lượng tối đa của các ứng dụng quan trọng, tùy thuộc vào hiệu suất mạng; 2) Năng lực thiết bị, tùy thuộc vào bản thân thiết bị.

- Hoạt động đồng thời: Trong quá trình thiết kế truy cập đa STA trên mạng WLAN, mỗi AP 802.11n hỗ trợ 20 STA đồng thời.

- Thông lượng: Thông lượng dịch vụ dữ liệu của mạng WLAN là một yếu tố quan trọng để thiết kế năng lực. Trong chế độ 802.11n, thông lượng đường lên hoặc đường xuống phải lớn hơn hoặc bằng 54 Mbps (không được mã hóa).

- Năng lực mạng: Ở chế độ 802.11n, tốc độ kết nối tối đa của mỗi AP là 300 Mbps; ở chế độ 802.11ac, tốc độ kết nối tối đa của mỗi AP là 1 Gbps.

3.2.4. Số lượng STA

Số lượng STA đồng thời (và kết hợp): Số lượng STA được thực hiện bởi một AP trong nhà trên một card vô tuyến duy nhất không được vượt quá 30 (64); số lượng STA được thực hiện bởi một AP gắn trên tường trên một card vô tuyến duy nhất không được vượt quá 5 (16).

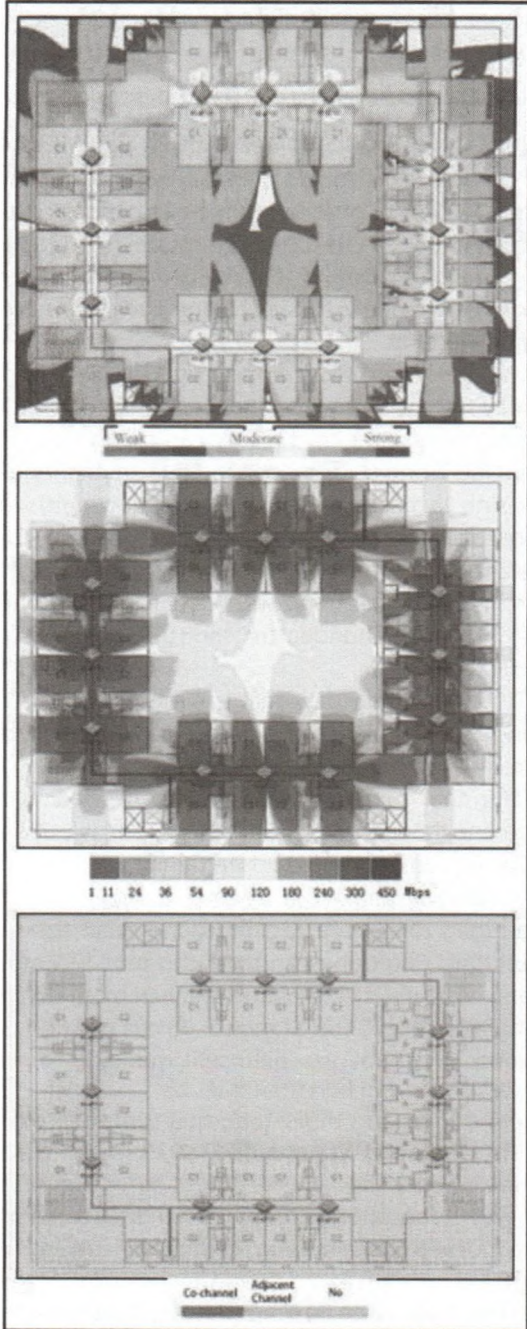
Tỷ lệ kết hợp và đồng thời được xác định dựa trên môi trường tại chỗ. Tỷ lệ kết hợp và đồng thời được khuyến

ngệ là 30% trong văn phòng, 100% trong KTX và 50% trong các phòng học hoặc phòng làm việc lớn.

3.2.5. Tỷ lệ mất gói tin và độ trễ

Tỷ lệ mất gói tin phải nhỏ hơn 3%; độ trễ phải nhỏ hơn 50 ms.

3.3. Thiết kế phân bố các điểm truy cập AP



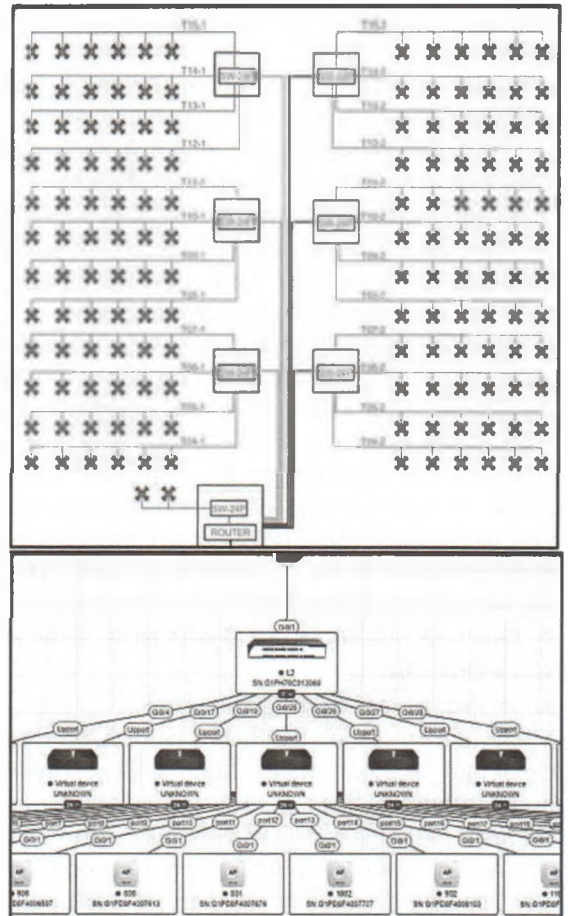
Hình 3.1: Sơ đồ phân bố AP - cường độ tín hiệu, tốc độ và kênh nhiễu (băng tần 5 Ghz)

Hình 3.1 cung cấp các sơ đồ mô phỏng thiết kế phân bố các điểm truy cập AP của hệ thống mạng không dây thực nghiệm, với vị trí: từ tầng 4 đến tầng 15 của khu vực KTX triển khai (trên băng tần 5 Ghz).

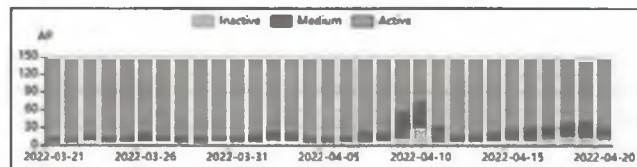
3.4. Mô hình kết nối thiết bị của mạng không dây

Hình 3.2 mô tả hình trạng mạng của hệ thống mạng không dây thực nghiệm. Hệ thống bao gồm 1 Router (model CCR1016-12G của Mikrotik, rackmount 1U, 12

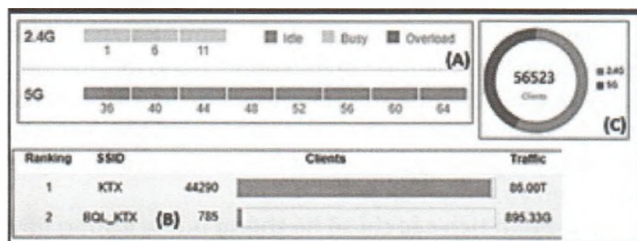
cổng Gigabit Ethernet, CPU 16 lõi x1.2 GHz, bộ nhớ RAM 2 GB, fastpath 17,8 mpps, thông lượng đạt đến 12 Gbit/s, RouterOS L6, PSU đôi), 1 Switch (model S1920-24GT4S FP/2GT của Ruijie, switch quản lý thông minh, 24 cổng 10/100/1000BASE-T, 4 cổng SFP), 8 Switch (model RG-ES126G-P-L của Ruijie, 24 cổng 10/100/1000BASE-T, 2 cổng SFP) và 147 AP (model AP710 của Ruijie, AP 802.11ac trong nhà, sóng đôi, băng tần kép, 2 spatial-stream, tỉ lệ truy cập lên tới 1.167 Gbps, 1 cổng uplink 10/100/1000BASE-T) [8].



Hình 3.2: Sơ đồ kết nối thiết bị của hệ thống mạng không dây



Hình 3.3: Số lượng và trạng thái hoạt động của các thiết bị AP



Hình 3.4: Số kênh phối và sử dụng 2.4 G và 5 G (A) - Tổng lưu lượng và số máy khách mà hệ thống đáp ứng (B) - Tổng số lượt máy khách chuyển vùng trong một tháng (C)

4. ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG MẠNG TRONG MÔI TRƯỜNG MẬT ĐỘ CAO

Hệ thống mạng không dây được triển khai trong một môi trường mật độ cao điển hình (KTX trường đại học). Kết quả đo lường trong nhiều tháng cho thấy khả năng của hệ thống khi đáp ứng tốt yêu cầu của số lượng lớn máy khách.

*** Đối với hệ thống và thiết bị:**

Thống kê cho thấy tỉ lệ điểm truy cập AP hoạt động ở mức rất cao trên tổng số 147 AP hiện có của hệ thống (Hình 3.3). Hình 3.4A thể hiện số lượng kênh của hai băng tần 2.4 Ghz và 5 Ghz. Tổng lưu lượng đáp ứng của hệ thống trong khoảng thời gian một tháng đạt trên 86 TB cho gần 44.000 máy khách truy cập (Hình 3.4B). Hình 4.1 thể hiện tổng lưu lượng của uplink và downlink theo ngày.

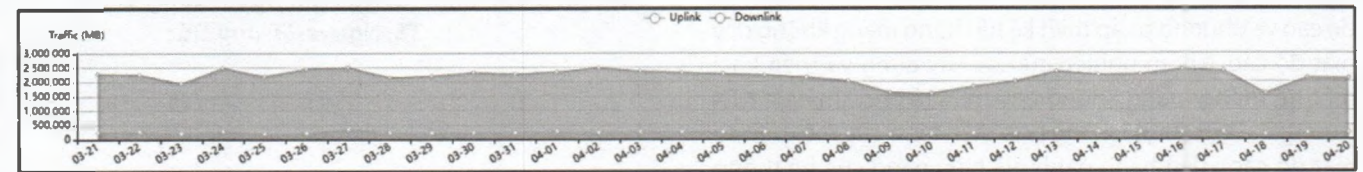
*** Đối với máy khách:**

Trung bình mỗi ngày có khoảng 1.200 máy khách hoạt động (Hình 4.2A). Hình 4.2B cung cấp thông tin chi tiết hơn về mức độ máy khách hoạt động theo từng ngày (mức độ hoạt động được đánh giá dựa trên thời gian trực tuyến và lưu lượng truy cập). Có thể thấy, số lượng máy trạm hoạt động ở mức Rất cao (Extreme - thời gian trực tuyến trên

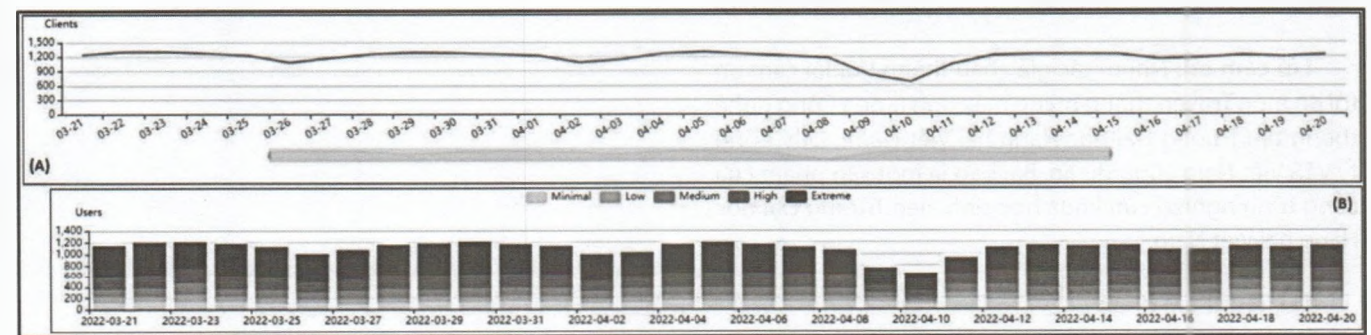
8h/ngày và lưu lượng truy cập trên 10 MB) chiếm tỉ lệ một nửa trong tổng số gần 1.200 người dùng. Cũng theo thống kê, tổng cộng có trên 56.000 lượt máy khách thực hiện chuyển vùng trong một tháng (trên cả hai băng tần 2.4 GHz và 5 GHz) ở Hình 3.4C. Các biểu đồ ở Hình 4.3 so sánh về trải nghiệm hệ thống mạng với băng tần 2.4 G và 5 G. Có thể thấy, trong khi băng tần 2.4 G đem lại trải nghiệm ở mức Tốt (Good) thì băng tần 5 G có chất lượng ở mức Xuất sắc (Excellent).

*** Chuyển vùng sóng không gián đoạn:**

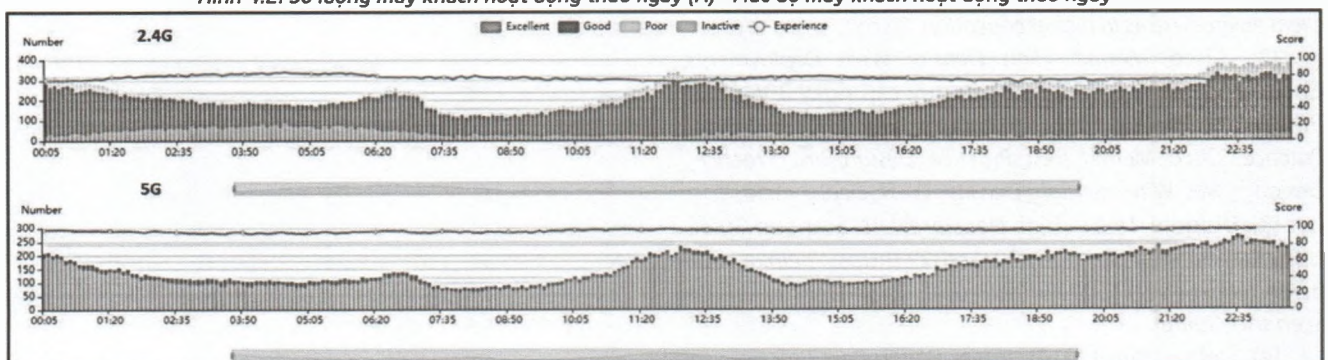
Hệ thống mạng không dây được xây dựng với tính năng chuyển vùng không gián đoạn. Từ các thông số đo lường thu được (Hình 4.4), chuyển vùng không gián đoạn có thời gian chuyển vùng cực nhanh (thông số Delay - độ trễ dưới 0,5 ms, cao nhất 2 ms, gần như không có độ trễ), đồng thời, không có hiện tượng rớt gói tin (thông số Pkt Loss gần như bằng 0%) và đảm bảo cung cấp tín hiệu và băng thông ổn định cho máy khách trong môi trường có mật độ thiết bị lớn (thông số RSSI - cường độ tín hiệu ổn định, thông số Speed - tốc độ đường truyền cho cả Down/Uplink ổn định và đạt mức gần như tối đa).



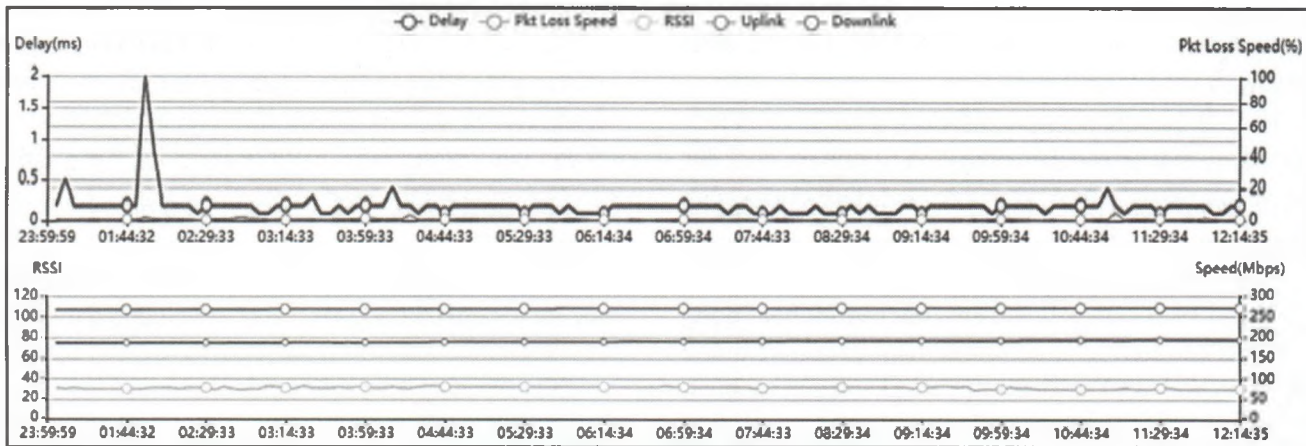
Hình 4.1: Tổng lưu lượng uplink và downlink theo ngày trong một tháng



Hình 4.2: Số lượng máy khách hoạt động theo ngày (A) - Mức độ máy khách hoạt động theo ngày



Hình 4.3: So sánh mức độ trải nghiệm với băng tần 2.4 G và 5 G



Hình 4.4: Kết quả đo lường quá trình chuyển vùng không gián đoạn của máy khách

5. KẾT LUẬN

Các hệ thống mạng không dây hiện nay phải hỗ trợ kết nối cho hàng loạt ứng dụng và thiết bị di động hiện đại vốn yêu cầu vùng phủ sóng rộng, băng thông cao. Trong môi trường có mật độ cao như trường học hoặc doanh nghiệp, một lượng lớn người dùng cùng hoạt động trong vùng phủ sóng được đáp ứng bởi mỗi AP, truy cập vào hệ thống wifi và yêu cầu băng thông đồng thời. Bài báo trình bày tổng quan về mạng không dây trong môi trường mật độ cao và phương pháp thiết kế hệ thống mạng không dây mật độ cao. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng và triển khai một hệ thống mạng không dây thực tế cho khu vực KTX trường đại học (một trường hợp điển hình của môi trường mật độ cao), tiến hành đánh giá hiệu năng của hệ thống WLAN, từ đó làm rõ hiệu quả của quá trình thiết kế mạng không dây nhằm đáp ứng yêu cầu của loại môi trường này.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành gửi lời cảm ơn tới Bộ môn Truyền thông mạng máy tính (Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam), Quý Công ty VTS Việt Nam cùng dự án. Bài báo là một sản phẩm của công trình nghiên cứu khoa học sinh viên Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

[1]. Jim Florwick, Jim Whiteaker, Alan Cuellar Amrod, Jake Woodhams (2017), *Wireless LAN Design Guide For high-density client environments in higher education*, Cisco.
 [2]. Cisco Meraki, *High Density Wi-Fi Deployments*, Cisco, cập nhật ngày 08/10/2020, truy cập ngày 30/4/2022 (https://documentation.meraki.com/Architectures_and_Best_Practices/Cisco_Meraki_Best_Practice_Design/Best_Practice_Design_-_MR_Wireless/High_Density_Wi-Fi_Deployments).
 [3]. Ubiquiti, *UniFi - High Density WLAN Scenario Guide*, Ubiquiti Inc., truy cập ngày 30/4/2022 (<https://help.ui.com/hc/en-us/articles/115002806907-UniFi-High-Density-WLAN-Scenario-Guide>).
 [4]. Debra Chin (2014), *White Paper: Best Practices for High Density Wireless Network Design In Education and Small/Medium Businesses*, Palmer Research, Netgear.

[5]. Chuck Lukaszewski (2015), *Very High Density 802.11ac Networks*, Aruba Networks.
 [6]. *Ruijie Networks*.

Ngày nhận bài: 22/6/2022
Ngày chấp nhận đăng: 18/7/2022
Người phản biện: TS. Nguyễn Duy Trường Giang
TS. Nguyễn Trung Đức